EFEITO DA VEGETAÇÃO NO ENTORNO DE ÁREAS RESIDENCIAIS NO MICROCLIMA E A SUA INFLUÊNCIA NO CONFORTO TÉRMICO NO INTERIOR DE MORADIAS POPULARES

Milton de Almeida BARBOSA [1]
Eduardo Leite KRÜGER [2]
Inês Moresco DANNI-OLIVEIRA [3]

RESUMO

O Clima Urbano proporciona diferentes situações de Conforto Térmico ao se *edificar* novos espaços, que devem atender a requisitos para melhor adequação à qualidade de vida pretendida ou parâmetro adotado. Boas condições bioclimáticas ao local e de saúde ao morador podem resultar do planejamento e gestão apropriados no desenvolvimento da consolidação da urbanização, sua manutenção e reciclagem. Neste estudo de avaliação pós-ocupação analisa-se em um loteamento padrão popular implantado há dez anos o desempenho térmico de moradias com relação ao clima, à vegetação local e às tecnologias construtivas aplicadas. Trata-se da Vila Tecnológica de Curitiba (25º31'Sul), com diferentes sistemas de materiais construtivos em residências de padrão popular. As medições das variáveis *temperatura* e *umidade do ar* e externamente também a *velocidade e direção do vento* ocorreram por 38 dias consecutivos no outono de 2004, usando as seguintes medições simultâneas: 1) Permanentemente, a cada 15 minutos, de registradores de dados automáticos nas residências coletados por sensores HOBO armazenadores de temperatura e umidade; 2) Em três horários distintos, de estação referencial meteorológica DAVIS instalada no local, dados coletados por sensor e registrador digital de temperatura, umidade e vento; e 3) Durante uma hora consecutiva, por cinco dias, de transecto móvel com psicrômetro de funda e anemômetro manual em sete pontos externos. A existência de trecho de rua densamente arborizado e outros desprovidos de cobertura vegetal, tendo ambos casas semelhantes em diversos tipos de materiais construtivos, possibilitou cruzar os dados e comparar medições. Para os diferentes métodos de construção, foram escolhidos: o convencional de blocos cerâmicos furados; de madeira; de dupla placa de concreto com câmera de ar; de blocos de concreto celular; e outros, cada um representado por uma unidade no trecho arborizado e outro fora dele. Nos dois trechos adotados, o da rua arborizada e a Sol pleno, também foi considerada a cobertura do solo: em ambientes junto a pisos gramados e vegetados, ou outros pavimentados e asfaltados, foram registradas as mesmas variáveis para avaliação de possíveis efeitos. Procurou-se na análise ampliar a discussão de hipóteses já amplamente formuladas que apontam para a recomendação do uso de tecnologia apropriada na arquitetura e otimização do paisagismo estratégico no planejamento; que devem ser consideradas ao se habitar e produzir o espaço urbano, proporcionando um entorno vegetado ambientalmente agradável e residências socialmente satisfatórias.

INTRODUÇÃO

A dinâmica da ocupação urbana tem uma vertente cada vez maior nas áreas residenciais unifamiliares, sejam conjuntos habitacionais de interesse social, sejam condomínios

[1] Mestrando em Geografia, UFPR, arquiteto@miltondealmeida.com.br.
[2] Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, professor doutor, krueger@ppgte.cefetpr.br
[3] Universidade Federal do Paraná, professora doutora, inesmdo@ufpr.br

horizontais que buscam essencialmente segurança e individualidade. Nestas e demais formas, tais como vilas edificadas ou novos loteamentos, a questão da qualidade de vida às vezes precede e determina tal escolha, na possibilidade de uma habitação diferenciada funcional e socialmente: um quintal, equipamentos integrados de lazer, animais de estimação, opção de contato com vizinhos, vida mais independente e outras atividades não plenas num apartamento. Às vezes, estas e outras componentes de bem-estar precedem de um bom planejamento público para que uma nova área residencial prime pelo respeito à condição humana.

Além dessa qualidade e condição, quando mencionamos o termo desempenho social implicamos englobar outros fatores que essa área propicie, inclusive o econômico: pela produtividade associada ao descanso adequado, pelo custo de aquisição de equipamentos ou melhorias compensatórias, ou pelos custos gerados: segundo MASCARÓ (1996), a necessidade de consumo energético na obtenção de um conforto ambiental apropriado não se deve apenas a um problema decorrente das condições climáticas, mas, muitas vezes, ao desconforto gerado por uma organização espacial urbana e arquitetônica não compatível com o meio.

Na busca de uma adaptação adequada de tais condições climáticas, além da escolha dos elementos das edificações como fator de equilíbrio e mitigação dos impactos negativos gerados, KRÜGER (2001) considera também que é fundamental para uma avaliação integrada de sistemas construtivos que haja uma adequação da edificação às características da região onde esta será construída e um mínimo de dispêndio energético e material durante toda a fase de construção, de uso e de demolição da edificação.

Assim, emprega-se aqui e define-se um conceito de *Sistema Construtivo* como significando a padronização experimental, considerando o *material e técnica utilizados*, de um dos muitos possíveis métodos adotados de se edificar uma habitação.

Já o conceito de *paisagismo* aqui atribuído à vegetação, não seria apenas a *estética* no "estudo dos processos de preparação e realização da paisagem como *complemento* da arquitetura" (FERREIRA, 1988, p.474).

Seria também a adoção estratégica de tal *complemento*, vegetal ou não, para que sua natureza proporcione um resultado planejado no urbanismo: funcionar como aparador do vento e raios solares; atenuador de impacto de chuva e retardador de enxurrada; aglutinador de partículas em suspensão e seqüestrador de carbono; intensificador da umidade e permeabilidade; suporte de biodiversidade, produtor de biomassa e alimento, abrigo provisório e barreira visual, entre outros.

Para escolha do objeto de estudo, optou-se pela Vila Tecnológica de Curitiba, pelas seguintes condições:

pelo fato de ser um agrupamento unifamiliar planejado;

pela padronização de pares de casas possuir a mesma orientação e mesmos sistemas construtivos;

pela existência de tais pares ocorrer em ruas arborizadas e a pleno sol;

pelo fato de haver nas ruas defronte tais casas pisos com áreas externas pavimentadas ou com cobertura vegetal;

pelo fato de haver estudos anteriores de conforto térmico nas mesmas casas e outros materiais documentados e comparativos.

Essa escolha do local, abarcando um espaço pouco maior do que uma quadra, no presente estudo veio se definir no seu enquadramento à escala microclimática do Sistema Clima Urbano; sistema este que definido por MONTEIRO (1976) abrange o clima de um determinado espaço e sua urbanização, ambos plenos de múltiplas variáveis.

Cabe lembrar que o conhecimento científico permite ao homem planejar o meio construído de maneira inovadora tanto na forma física e de uso quanto na essência dos materiais, levando em consideração a questão biológica e ambiental, e assim contribuir com alguns dos princípios de Eco-desenvolvimento.

Segundo SACHS (1993), promover o ecodesenvolvimento é ajudar as populações a se organizarem e a se educarem, para que repensem seus problemas e identifiquem suas necessidades efetivas e recursos potenciais para conceber e realizar um futuro digno de ser vivido, conforme postulados de justiça social e prudência ecológica.

CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO: A VILA TECNOLÓGICA DE CURITIBA

A Vila Tecnológica de Curitiba localiza-se na região sul de Curitiba – PR (Latitude 25º31' Sul, Longitude 49º11' Oeste) no denominado Bairro Novo, parte de uma região maior denominada Sítio Cercado, de urbanização rápida e recente, caracterizada por habitações predominantemente horizontais e de população de média a baixa renda, sendo também uma iniciativa de provimento de habitações de interesse social. Ocupando uma área de aproximadamente 50 mil metros quadrados, foi implementada em 1994 sob a coordenação da COHAB-CT (Companhia de Habitação Popular de Curitiba), em convênio com o PROTECH (Programa de difusão de Tecnologia para Construção de Habitações de baixo custo, já desativado), sendo esta a primeira Vila Tecnológica do país.

Dentre diversas empresas de construção civil de todo o Brasil, foram escolhidas vinte para construir casas constituídas de diferentes materiais e sistemas construtivos, possibilitando promover, difundir e divulgar seu produto e demonstrar na prática e no mesmo local a viabilidade dos objetivos propostos de melhoria das habitações populares: economia, qualidade e tecnologia apropriada, integradas no contexto geral da urbanização. Se consolidou composta por uma quadra central com equipamentos comunitários e ruas adjacentes totalizando 120 casas populares de 20 sistemas construtivos efetivados, mais os convencionais de alvenaria de tijolos cerâmicos furados ou madeira empregados em auto-construção em lotes que ficaram desocupados. Basicamente, foram combinados diferentes materiais de vedação e cobertura, constituindo-se assim num laboratório experimental visando buscar respostas para melhor eficiência do meio edificado, aumento de qualidade e redução de custos.

Entre alguns dos materiais empregados, temos o exemplo de paredes em painéis pré-fabricados em concreto armado tipo sanduíche com camada interna de lajotas cerâmicas; em painéis monolite de poliestireno expandido entre telas de aço, revestido com argamassa estrutural; em painéis com estrutura interna de madeira tratada, contraplacada em ambas as faces com chapa lisa de fibrocimento; em tijolos de solo cimento prensado, vazados e intertravados; em blocos de concreto estruturais autotravados e vazados; e de coberturas combinando telhas cerâmicas ou de fibrocimento com forros em lambril de pinus; em madeira mineralizada, gessada e pintada; em aglomerado com revestimento acrílico; em gesso acartonado; em painel de concreto em laje pré-fabricada sem reboco; dentre outros.

No mapa a seguir, podem-se distinguir no trecho de rua arborizada (indicado em cor verde) e nas outras ruas sem arborização (indicadas em cinza), os números isolados que se referem às 10 unidades residenciais avaliadas, relacionados ao sistema construtivo e o respectivo empreendedor construtor. As áreas de cada unidade pouco variam: de 36 a 51 m²:

01 e 06, sistema convencional de tijolos cerâmicos (autoconstrução);

02 e 07, de paredes de tábuas e mata junta de madeira (autoconstrução);

03 e 08, de blocos de concreto celular (ABC);

04 e 09, de painéis de concreto com câmera de ar (Andrade Ribeiro);

05, de painéis duplos de concreto revestido (Paineira), e

10, de painéis de poliuretano revestido com madeira (Epotec).

As letras indicam os locais do transecto móvel percorrido para medições pontuais e seqüenciais:

A e D no eixo da rua;

B e E em passeio público gramado;

C e F em calçada pavimentada; e

G no meio de uma quadra esportiva cimentada.

O local indicado como **eMt** se trata do local da estação meteorológica instalada ao ar livre para referenciar as variáveis temperatura e umidade relativa medidas no entorno.

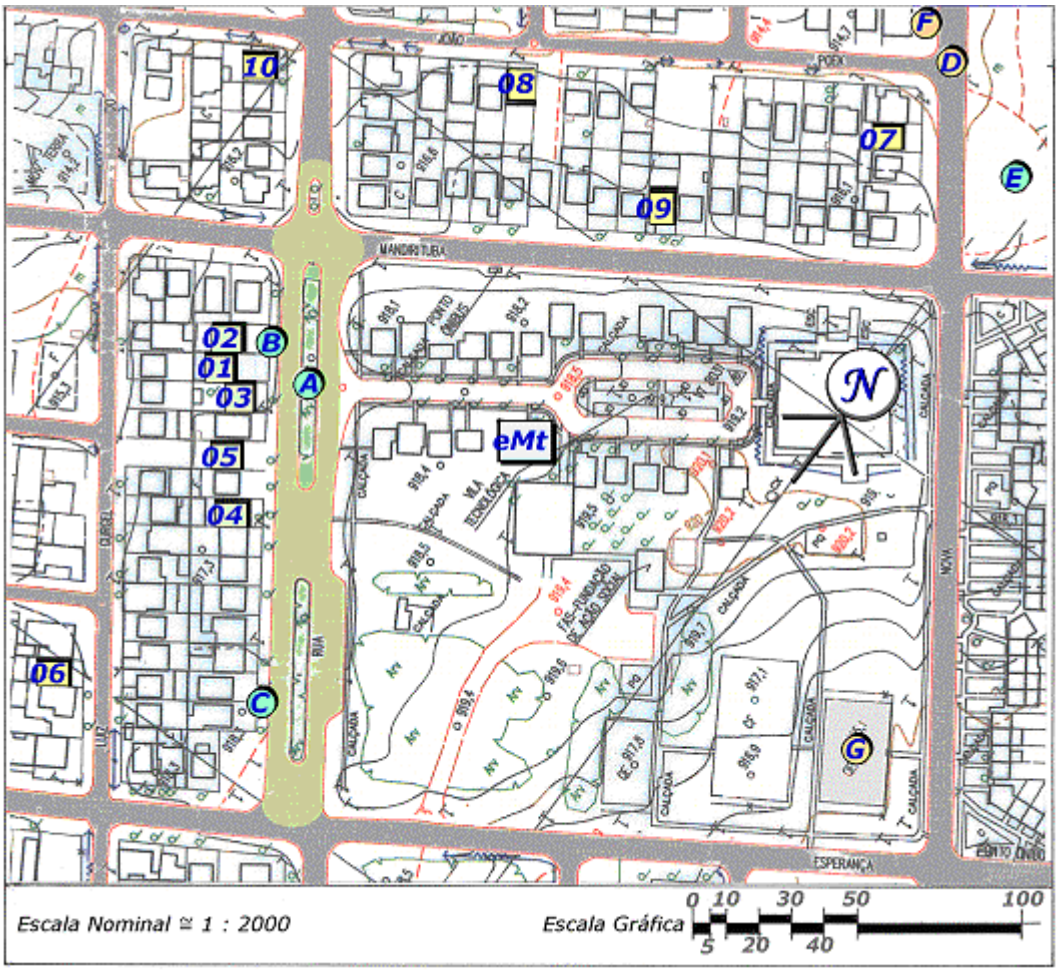

FIGURA 1 - MAPA indicativo do local dos pontos de medição. Curitiba, IPPUC, 2003. Escala indicada.

Essencial à caracterização do objeto do experimento é a descrição do clima preponderante, no caso o resultado das condições médias da variação temporal das condições atmosféricas da cidade de Curitiba: segundo MASCARÓ (1996), este possui características de região subtropical úmida, onde a temperatura média anual é de 19,5ºC e as temperaturas extremas oscilam entre 40,7ºC e -2,4ºC, assim apresentando grande variação climática ao longo do ano. De acordo com a classificação de KOEPPEN, o clima da cidade é Mesotérmico, Subtropical úmido (Cfa) com verões frescos, sem estação seca e com ocorrência de geadas severas freqüentes. As precipitações são da ordem de 1600 mm anuais. É um clima característico dos planaltos subtropicais com araucárias.

Curitiba é uma capital considerada mais fria que as demais, característica não dominante no restante do Brasil. No entanto, é difícil se estabelecer uma média de temperatura referencial devido à diversidade de registros sazonais nas Estações Climáticas ocasionada pelo variado ritmo de diferentes sucessões de massas de ar que lhe influenciam, como demonstra DANNI (2000):

"Os verões podem ser qualificados de relativamente quentes por obra da disponibilidade de energia dessa fase, bem como da atuação das massas Tropical Atlântica, Equatorial continental, e Tropical Continental, que alternando-se com a enfraquecida Polar Atlântica, podem fazer as temperaturas chegarem a mais de 35ºC, (...) já no período hibernal, quando a quantidade de energia disponível é menor, e por ação e vigor da massa Polar Atlântica, as temperaturas podem alcançar até -5ºC, o que lhe empresta o caráter de invernos brandos, nos termos de classificação climática. Porém, no que se refere aos tipos climáticos brasileiros, a cidade apresenta inverno rigoroso."

DOS LOCAIS DE MEDIÇÃO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Durante 38 dias no outono de 2004, após a aferição dos aparelhos, as variáveis temperatura (ºC), Umidade Relativa do Ar (%) e o vento (externamente), foram medidas adquirindo-se dados simultâneos como se segue:

1.No interior das residências: a cada 15 minutos, monitorando permanentemente, por registradores automáticos HOBO instalados a 20 cm abaixo do forro;

2.Estação Meteorológica Referencial marca Davis, instalada na quadra central, dotada dos seguintes instrumentos: sensor externo instalado a 2,20 metros de altura e anemômetro a 7 metros de altura; procedeu-se *diariamente* medições nos horários das 8:30, 13:30 e 17:30 horas; e, a cada 10 minutos, *nos dias das medições de transecto móvel;*

Transecto Móvel, com psicrômetro de funda, composto por um par de termômetros de coluna de mercúrio, um com bulbo seco e outro com bulbo envolto por gaze umedecida; anemômetro manual e biruta composta por bastão e fitas de cetim para orientação da direção do vento.

Externamente, durante cinco dias escolhidos de condições favoráveis, ou seja, céu limpo e pouco vento, percorreu-se a pé, efetuando medições em sete pontos, três vezes ao dia: às 8, às 13 e às 17 horas, sendo quatro medições no período de uma hora:

No meio das ruas a 2,20 metros de altura: Eixo da Rua Lupionópolis, *sob densa arborização* e Eixo Rua Nova Aurora, *sob insolação direta*;

Nos demais pontos (passeios públicos ou calçadas) a 1,30 metros de altura, nos seguintes locais: Passeio público com *solo gramado*, da rua com densa arborização, junto à divisa de casas com recuo também gramado; Passeio público com *solo gramado*, da rua sob insolação direta, sem arborização, junto à divisa de casas com recuo também gramado; Passeio público *cimentado*, da rua com densa arborização, junto à divisa de casas com recuo também cimentado e ladrilhado; Passeio público *cimentado*, da rua sob insolação direta, sem arborização, junto à divisa de casas com recuo também cimentado e ladrilhado; e centro de quadra poliesportiva com o piso *cimentado*, de 20 × 32 m, na rua sob insolação direta, sem arborização.

CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIAS E SEU ENTORNO

Podemos considerar que uma sensação térmica agradável varia de pessoa para pessoa tanto quanto são diversas as preferências ou adaptações que cada ser humano possui como individualidade, ou como cada organismo responde aos estímulos do seu meio.

Assim, cabe a nós ter em mente duas vertentes conceituais de conforto térmico, mais para relativa ou para absoluta, se complementando ou referenciando situações caso a caso: segundo a ASHRAE (*American Society for Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers*), define-se sensação de conforto térmico como o estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa; ou seja, relativamente isso pode variar de pessoa para pessoa de acordo com características individuais. No entanto, segundo GARCIA (1985), esta consiste no conjunto de condições em que os mecanismos de auto-regulação são mínimos, ou seja, biologicamente quanto menor a variação térmica, maior o conforto – ainda que dentro de determinada faixa. Disso resulta que, se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que daí se tem conforto térmico. Adotando-se médias pré-concebidas, GARCIA (op. cit.) complementa a definição de conforto como sendo aquele incluído na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifestem se sentir bem. Dependendo do teor da pesquisa, poderíamos levar em conta também outras variáveis além das ambientais, tais como a atividade física desenvolvida no período avaliado ou as vestimentas por proporcionarem diferentes resistências térmicas devido a sua composição e cor.

Para aplicação destes conceitos nos fatores que influenciam a edificação, algumas considerações são de extrema relevância. Uma delas, respeitar o fator climático da região em que a edificação se insere. Já na Antigüidade, VITRÚVIO (I a.C.) afirmava que os edifícios estarão bem adequados se desde o princípio se tem em conta o clima do lugar em que se constrói, porque não tinha dúvida de que deveriam ser distintos os edifícios que se fazem no Egito dos que se fazem em Roma. Por isso, as referências em relação ao conforto térmico do local de experimento, apesar de estar se analisando os diferenciais comparativos obtidos entre os resultados obtidos entre si e não apenas estes com valores absolutos ou médias pré estabelecidas.

Como um dos parâmetros para análise de conforto térmico, tomou-se por base as cartas bioclimáticas, derivadas de diagramas psicrométricos, que relacionam a temperatura do ar e a umidade relativa, aplicadas na arquitetura para verificar graficamente a satisfação (ou não) quanto às exigências de conforto térmico. De acordo com LAMBERTS et al. (1997) após estudadas metodologias de vários autores, verificou-se ser a Carta de Givoni, trabalhada para países em desenvolvimento, a mais adequada às condições do Brasil (GIVONI, 1992). Tal gráfico mostra zonas que indicam, após inseridos os dados medidos no local, a proporção de conforto estabelecido e de estratégias necessárias para melhorá-lo (ventilação, resfriamento, aquecimento, umidificação, condicionamento), se for o caso.

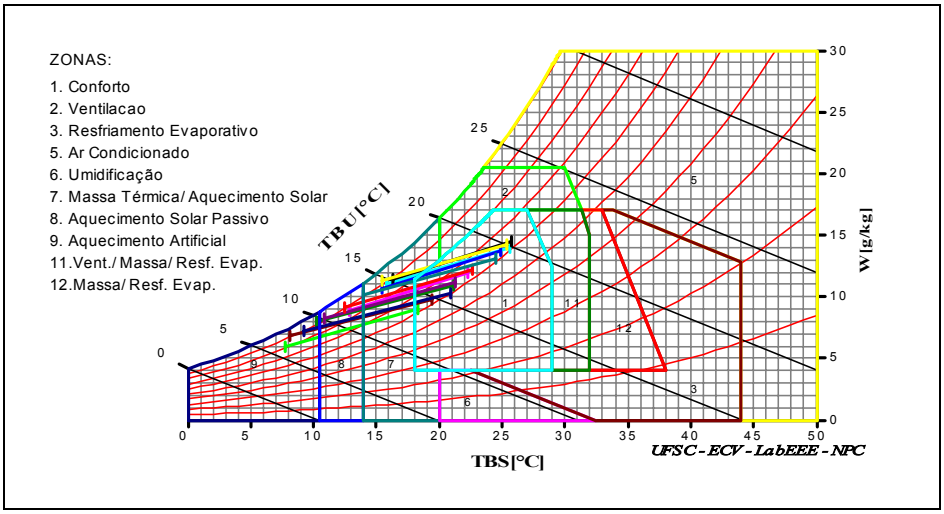

FIGURA 2 - Carta Bioclimática para Curitiba com zonas de conforto e estratégias sugeridas a partir das Normais Climatológicas.

Para uma análise geral, visualizando a distribuição dos dados climáticos ao longo do ano, pôde-se atribuir à carta valores já existentes que determinam o Ano Climático de Referência

(TRY), e gerar o gráfico anterior a partir das Normais Climatológicas de Curitiba (12 segmentos de reta representando o comportamento médio mensal de temperatura e umidade). Segundo LAMBERTS et al. (op. cit., p.120), nesta análise para Curitiba, "o período de horas de conforto é de apenas 22,4% das horas, enquanto o período de desconforto equivale a 77,5% das horas do ano. Do período de desconforto 25,9% das horas são provocadas por calor excessivo e 51,6% por frio".

O software aqui usado foi o Analysis Bio 2.1.2, desenvolvido pelo LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética das Edificações), Universidade Federal de Santa Catarina, sendo suficiente introduzir os dados de temperatura e umidade relativa medidos *in loco*, importados de planilha Excel, para plotar a carta específica. Juntamente com a plotagem do gráfico o programa fornece ainda um *relatório* que pode ser comparado aos resultados do experimento, além de fornecer também um dado relevante para a pesquisa: as amplitudes máximas e mínimas verificadas em período de dados inserido.

Outra metodologia mais direta para tal análise dos resultados deste experimento seria comparando-os com coeficientes de temperaturas referenciais de Givoni mesmo ou de outros autores, por exemplo o Índice de Temperatura Efetiva adotado por THOM (1959), sendo este conceito usado em Biometeorologia como um índice de stress térmico. Este fator leva em consideração o efeito combinado da temperatura e da umidade, apesar de não incorporar outras importantes condicionantes: a zona de conforto definida por Thom adota os valores da Temperatura Efetiva entre 18,9ºC e 25,6ºC, calculados a partir da fórmula:

TE = 0,4ºC x (Temperatura do bulbo seco + Temperatura do bulbo úmido) + 4,8ºC.

SISTEMAS CONSTRUTIVOS ANALISADOS E DESEMPENHO TÉRMICO

Os Sistemas Construtivos com materiais adequados, segundo as considerações do presente estudo, seriam apenas um de vários fatores considerados no somatório para o eco-desenvolvimento, não só em relação à eficiência energética. Tal afirmação tem fundamentação técnica ao considerarmos as questões relativas ao Conteúdo Energético e ao Desempenho Térmico. No caso do Conteúdo Energético, ao custo deve-se incluir quanto se gasta de energia desde a retirada do material da natureza até o desmonte depois da vida útil, incluindo muitas vezes a transformação industrializada, o transporte, a conservação, a embalagem, a estocagem, a forma de emprego e a construção em si, a manutenção, a possibilidade de reciclagem, tendo como resultado inclusive menor impacto ambiental. No segundo caso, o Desempenho Térmico, tem relação mais direta com o bem estar dos usuários. De acordo com KRÜGER (2001), "os programas para interesse social vêm sendo implementados em todo território nacional de forma padronizada, sem haver uma preocupação com especificidades regionais. Assim, uma mesma tipologia de projeto e de mesmo sistema construtivo é adotada em cidades com características muito distintas, sendo desconsiderada a grande diversidade socioeconômica, cultural, climática e tecnológica e resulta em construções de baixa qualidade que não atendem às necessidades de sus usuários".

Os diferentes sistemas construtivos considerados no experimento têm desempenhos distintos nas trocas de energias, pois nestes casos, segundo LAMBERTS et al. (op. cit.), a transmissão de calor acontece quando há uma diferença de temperatura entre suas superfícies interior e exterior. Por isso, nos sistemas adotados, as análises dos dados obtidos são consideradas na avaliação bioclimática para os diversos materiais e para as diferentes condições das medições. Quando o caso permite adoção da tecnologia apropriada, trata-se de fator de melhoria em cada residência, entre outras propostas que visam o aproveitamento otimizado de suas potencialidades: do local, de energias alternativas e eficiência energética, praticando uma arquitetura, que, num contexto mais amplo, porém racionalmente óbvio, foi denominada *bioclimática*. Mas significa, além da economia por melhor aproveitamento e não desperdício, menos impacto sobre o meio-

ambiente, proporcionando melhor qualidade de vida ao morador e, por extensão, à sociedade.

Considerando outros fatores que poderiam vir a influenciar as medições deste experimento, como é o caso das condições de uso (permanência, abertura das esquadrias, uso de ventilador, e outros), foi feita entrevista com cada morador das unidades escolhidas, conforme o modelo que se segue. No entanto, por ausência ou pouca significância dos fatores verificados, e pela semelhança das respostas (mesmo padrão de vida), não foram consideradas no resultado, por não representarem alterações consideráveis: apenas algumas influências pontuais divergiram, como no caso de recebimento de visitas familiares em determinados fins de semana.

Tabela 1 – Modelo de Ficha utilizada para entrevista de ocupação e uso

UN.	Arborizado	Local	Sistema Construtivo
01	*Sim*	*Rua Lupionópolis, 809*	*Convencional Bloco Cer. 6f*
nº APARELHO		Morador	contato
452.222		*Sr. Cláudio*	*9601.3474*

Nº. Usuários - Moradores *04*

Permanência/horas de segunda à sábado:

6	7	8	9-12	13	14-17	18	19	20	21	22	23	24-6
4	*4*	*4*	*0*	*0*	*0*	*0*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*

Permanência/horas aos domingos:

6	7	8	9-12	13	14-17	18	19	20	21	22	23	24-6
4	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*

Ventilação/hora: portas abertas.....0.....=....0.....m2/ janelas abertas.....1.....= ....1....M2

6	7	8	9-12	13	14-17	18	19	20	21	22	23	24-6
							1	*1*				

Informação de conforto/desconforto térmico

utilização de ventilação mecânica /ventiladores: ( )

utilização de aquecimento: Aquecedor ( ) Fogão ( )

	Ações/Sensações:	Atribuições supostas a:
x	ação necessária: agasalhar-se	Sistema construtivo
x	ação necessária: abrir/ fechar a casa	Tipo de cobertura
	ação necessária: encolher-se	Falta de forro
	ação necessária: abanar-se	Frestas
	ação necessária: sair para rua ou varanda	Aberturas quais.
	fato verificado: sudorese excessiva	Posição/orientação
	fato verificado: ruborização excessiva	Vegetação
	fato verificado: tiritar de dentes/tremor	Ventilação cruzada
	fato verificado: secura da boca, etc	penetração de água da chuva
	fato verificado: atividade prejudicada	uso: maior permanência/equipamentos

No verão: ( ) SUPORTÁVEL ( ) INSUPORTÁVEL (*x*) ADEQUADA ( ) S/R; e em relação á rua é:
( )muito mais quente (*x*)mais quente ( )igual ( )menos quente ( )muito menos quente ( )S/R
No inverno: (*x*) SUPORTÁVEL ( ) INSUPORTÁVEL ( ) ADEQUADA ( ) S/R; e em relação á rua é:
( )muito mais frio (*x*)mais frio ( )igual ( )menos frio ( )muito menos frio( )S/R

A existência de vento encanado na casa é perceptível? ( )Sim (*x*)Não sentido.....

Para a análise, restringiu-se as unidades a se avaliar devido à diversidade de padrões gerada por alterações no projeto original durante os dez anos da Vila Tecnológica de Curitiba; a orientações e/ou implantações muito divergentes entre pares, influindo na comparação; e ao número existente de aparelhos. No entanto, deu-se preferência a sistemas convencionais popularizados (tijolos, madeira) e alguns que possibilitassem auto-construção. Caracterizando, então, as unidades avaliadas, temos que das habitações com seis diferentes Sistemas Construtivos, quatro formam pares comparativos de mesmo sistema, sempre um em rua com densa arborização e outro com insolação direta, conforme o quadro que se segue:

Os demais elementos, tais como esquadrias, forro, cobertura e outros são semelhantes nas comparações entre os pares avaliados.

Tabela 2 – Unidades escolhidas para o experimento

Casas / Rua **Arborizada**	Casas / Ruas **a Sol Pleno**	Descrição sucinta dos materiais de vedação
01	**06**	***Convencional*** **-** Alvenaria de Blocos Cerâmicos com 6 furos estruturada em concreto armado, rebocada e pintada em látex na cor branca.
02	**07**	***Madeira*** - Paredes em tábuas verticais com ripas de mata-junta.
03	**08**	***Bloco de concreto celular*** autoclavados, formando painéis interligados por perfis metálicos galvanizados em "h" ou "u' e revestidos nas 2 faces com argamassa de alta resistência à base de cimento, areia e microssílica, e = 8 cm. Cor ext: bege.
04	**09**	***Placas de concreto*** *pré-moldado* duplas com câmara de ar de espessura e = 3 + 4 + 3 = 10 cm. Retoques c/ argamassa de cimento e cal, traço 1:1. Cor ext.: mostarda.
05	**-**	***Painéis*** *de* concreto *pré-moldado* duplos com câmara de ar, face interna com emboço e externa com reboco, e = 14 cm. Cor ext: bege.
-	**10**	***Poliuretano*** rígido no interior formando painéis tipo sanduíche c/chapas de madeira, revestidos c/ argamassa epóxi, e = 8 cm. Cor externa: bege.

PAISAGÍSTICA: VEGETAÇÃO E COBERTURA DO SOLO NÃO EDIFICADO

Os elementos vegetais ou não que podem ser designados como Paisagismo de um determinado espaço, além de diferenciá-lo, podem influir diretamente no microclima e na qualidade de uso por quem o desfruta. A diferenciação estética se dá perceptivamente, tanto quanto a opção paisagística de um piso de pedras ou um gramado permeável. De acordo com NUCCI (2001), "Dentro da linha metodológica do Planejamento da Paisagem, quando se fala em planejar com a natureza, está se falando principalmente da vegetação. É a partir dela que muitos problemas serão amenizados ou resolvidos. Portanto, a cobertura vegetal, tanto em termos qualitativos como quantitativos, bem como a sua distribuição espacial no ambiente urbano devem ser considerados na avaliação da qualidade ambiental".

No local, podemos caracterizar o trecho de massa arbórea existente na Rua Lupionópolis, com 160 metros de extensão entre as ruas Nova Esperança e Mandirituba, sombreado por 49 Pinus elliottii, espécie com copas de 2,5 m até 19 m de altura. Os caules distam em média de 2 a 3 metros uns dos outros, sendo a maioria das copas encostadas e densas, até o dossel superior, excetuando-se uma passagem quase central de cerca de 7 metros de afastamento.

FOTOS 1 e 2 – Aspecto da rua com e sem arborização junto às casas avaliadas.

Tais árvores proporcionam farta e compacta sombra, além de se configurar barreira para os ventos que vêm da direção sudeste, já que as fachadas das casas da rua em questão se encontram voltadas para tal direção. A espécie Pinus elliottii, conhecida popularmente apenas como pinheiro ou pinus, pertence à família das Pináceas, é uma conífera exótica por ser nativa da América do Norte; possui folhas aculiformes sempre verdes com os galhos escuros, tendo uso recomendado para cerca viva e quebra-ventos; tolerando geadas e atingindo até 30 metros.

O trecho da rua aqui citado possui 20 metros de largura, estando tais árvores plantadas no canteiro central de dois metros, e os passeios públicos, ou calçadas laterais, possuem 2,5 metros de largura. Nestas calçadas, as árvores existentes defronte a algumas casas escolhidas para estudo, quando existentes, são novas não possuindo porte significativo na ocasião da época da medição, assim como as massas vegetais dos jardins nos recuos de tais casas e das outras ruas medidas. As outras ruas, com insolação direta, são as ruas Nova Aurora e a Luiz Gurgel, com 14 metros de largura.

Acerca dos revestimentos do solo, algumas das casas adotadas para medição têm o recuo frontal cimentado, ou com piso cerâmico, com solo nu e algumas delas com forração de gramado comum, a maior parte da espécie Paspalum notatum, com algumas falhas e solo nu aparente; registrou-se também coberturas vegetais referentes ao paisagismo adotado pelos moradores, não significativo nos locais de medição.

Em relação à importância que estes elementos da vegetação que constituem a flora local conferem ao clima, podemos considerar como MENDONÇA (2003, p.110) atribui que “a vegetação, enquanto fator climático, manifesta sua influência em todas as escalas de grandezas climáticas, tendo implicações desde a formação do questionável efeito-estufa planetário até a derivação de ambientes microclimáticos naturais, rurais ou urbanos”. Já segundo MEIER (1991), a cuidadosa alocação de vegetação ao redor de uma edificação vem sendo considerada há muito tempo como um dos meios de resfriamento, embora o menor gasto de energia decorrente não tenha sido reconhecido nem quantificado amplamente. Várias pesquisas mediram reduções de energia em relação à economia no uso de condicionadores de ar, na presença de diferentes tipos de vegetação. Apesar de reduções de 25 a 50% terem sido mais comuns, índices de até 80% foram observados, tanto em ambientes secos quanto úmidos. Atesta-se assim que, de acordo com MENDONÇA (op. cit.), “os estudos relativos ao clima urbano elaborados até o presente destacaram repetidamente a importância dos espaços verdes dentro das áreas urbanas, notadamente como regulador das amplitudes termo-higrométricas, geradoras de conforto térmico.” MEIER (op. cit.) ainda ressalta que o paisagismo aparece para influenciar no ganho de calor por vários processos, incluindo sombreamento do sol, proteção da infiltração e a criação de um micro-clima mais fresco ao redor da edificação, ressaltando que estes processos são pouco considerados em planejamentos populares, como é o caso da Vila aqui analisada.

O CLIMA URBANO NA INTERAÇÃO COM OS OUTROS FATORES

Ao referirmos em seção anterior o enquadramento do objeto na escala de microclima, antes de outras definições necessárias, foi pressuposto, conforme considera RAMON (1980), que o microclima é um conceito impreciso, porém significativo, pois poderíamos ainda acrescentar, de acordo com MONTEIRO (1976), que “pode-se usar a palavra com referência a fenômenos atmosféricos próprios de um vale profundo, abrigado dos elementos climáticos como a radiação solar ou os ventos, de uma baía rodeada por montanhas, mas também de uma rua ou de uma praça. Equivale a um desvio climático de características singulares e reconhecíveis – um recinto atmosférico de limites físicos identificáveis, como uma rua, por exemplo, o caráter do microclima evidencia-se quando fatores climáticos locais acentuam ou atenuam os fatores de origem externa”. Outro incremento na diversidade local do clima, como dentro de cada Sistema próprio que se constitui, são interações diferenciadas onde se verificam elementos urbanos característicos a toda uma cidade mas identificáveis em bairros ou setores de regiões metropolitanas, como no caso em questão onde cabe observação de MENDONÇA (1995): “O clima urbano é então derivado das seguintes principais alterações no ambiente natural: retirada da *cobertura vegetal*, introdução de novas formas de relevo, concentração de edificações, concentração de equipamentos e pessoas, *impermeabilização do solo*, *canalização do escoamento superficial, rugosidade da superfície*, lançamento concentrado e acumulação dos gases na atmosfera, e produção de energia artificial.” Apesar de tantos fatores de diferenciação, como cita MONTEIRO (1976), a estrutura interna

do Sistema Clima Urbano não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas.

A macro-influência dos fenômenos climáticos tem papel preponderante nas alterações verificadas nos dados medidos, devido às influências das frentes frias e efeitos das massas dominantes. Assim, a Climatologia Dinâmica foi adotada na metodologia, com identificação das variações no período, na forma dos diferentes Tipos de Tempo verificados em tempo real, e não com a média de estações típicas ou estatísticas sazonais. Considerou-se na análise os tempos ocorridos simultâneos às monitorações, comparando a oscilação dos dados com a ação de sistemas frontais e massas atuantes conforme registros da Estação Meteorológica do SIMEPAR e boletins do CPTEC, como principais fatores da oscilação e mudanças mais radicais nas condições de tempo observadas. Porém, a linha geral adotada na metodologia do presente trabalho tem sua base na Teoria Geral dos Sistemas desenvolvida para o Sistema Clima Urbano (MONTEIRO, 1976). Tal método pode ser empregado desde os procedimentos iniciais com a identificação dos elementos locais do objeto de estudo e a busca de suas interações com a caracterização do clima, tanto descritiva quanto na aquisição dinâmica dos dados utilizados. A caracterização visou estabelecer as diferenças e particularidades do local, tais como a forma e o conteúdo urbano no contexto, de forma a se chegar a uma análise dos dados angariados.

APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DEMAIS CONSIDERAÇÕES

Com a compilação de dados pré-existentes e os coletados, deu-se o andamento do tratamento estatístico, ampliando discussões de hipóteses já anteriormente formuladas e buscando novas que venham a surgir. Para visualização da atuação dos Sistemas Frontais influenciando nas temperaturas expressas nos gráficos, citamos previamente o seguinte Boletim de Monitoramento e Análise Climática (Climanálise) obtido do Centro de Previsão de Tempo e de Estudos Climáticos: “Na primeira quinzena de maio, observaram-se sistemas de baixa pressão em superfície, sobre o Oceano Atlântico, na altura do litoral da Região Sul. As frentes frias, ao ingressarem no sul do País, interagiam com estes sistemas, causando chuvas intensas, ventos fortes e ressaca no litoral. *No mês de junho*, sete sistemas frontais atuaram, t*rês deles durante o experimento.* Os dois primeiros sistemas estiveram associados às massas de ar frio que atuaram na primeira quinzena do mês” (grifo nosso). Junto ao boletim obteve-se também os dias em que foram registradas entradas de frentes atuando na macro-região do experimento: em maio, nos dias 2, 3, 7, 12, 18, 19, 20 e 30, e, em junho, nos dias 3, 6 e 10.

Alterações mais discretas, porém sensíveis, são as intimamente relacionadas aos fatores em questão e podem ser observadas nos gráficos apresentados a seguir.

Na figura 3, a seguir, visualizamos basicamente as diferenças de temperatura externa registradas pelo transecto móvel no dia 19/05/04, sendo nitidamente perceptíveis as maiores temperaturas registradas próximas aos solos calçados e sem vegetação; uma inversão observada no último horário de medição pode ter sido causada pela influência da frente fria que passou a atuar na região, ou efeito do resfriamento causado pelo vento na ausência da barreira arbórea, combinada com a declinação e conseqüente cessão da radiação solar direta.

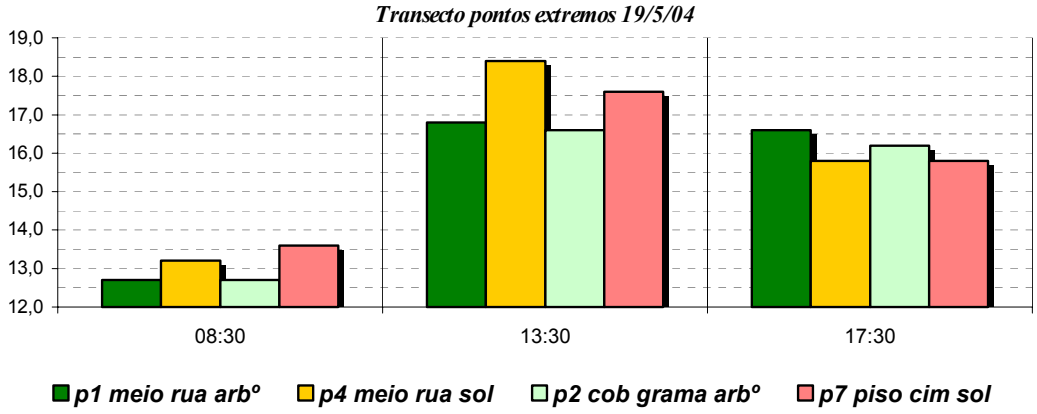

FIGURA 3 – Gráfico das Temperaturas (ºC) verificadas nos 3 horários das medições.

O gráfico da figura 4 a seguir possibilita várias análises combinadas da temperatura interna de diferentes tipos de casa em rua vegetada ou não – por exemplo, em relação ao ganho térmico, percebe-se a maior eficiência das casas de blocos de concreto celular (03-bcA e 08-bcS) do que as de madeira (02-mdA e 07-mdS), ou todos da rua arborizada (A) com temperaturas mais amenas do que as em pleno sol (S). Já a inversão observada nos primeiros horários pode ser atribuída a um diferente padrão de ocupação nas moradias, após a permanência e uso dos moradores durante a noite e no início da manhã.

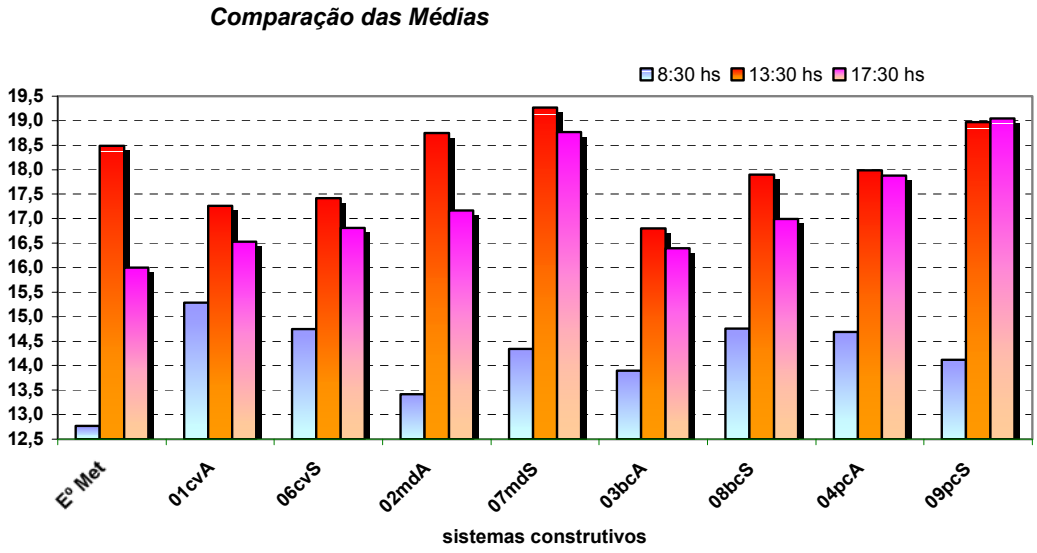

FIGURA 4 – Temperaturas médias (ºC) verificada em cada sistema construtivo.

Nos gráficos apresentados a seguir pelas figuras 5 e 6, podemos visualizar a influência das frentes e massas de ar atuando justamente nos dias citados no boletim de climanálise acima, com a queda de temperatura coincidentes. A menor amplitude térmica é verificada também nas linhas referentes à rua arborizada, indício de maior grau de conforto térmico, além de estar geralmente abaixo da linha que representa a rua sem arborização.

O mesmo pode ser observado nos diferentes materiais de vedação, comparando-se, por exemplo, o de bloco celular com o de madeira, devido, entre outros fatores, a maior inércia térmica e densidade de um material em relação ao outro, que induz a maior isolamento, atraso térmico, perda ou ganho conforme o caso e a característica dos mesmos.

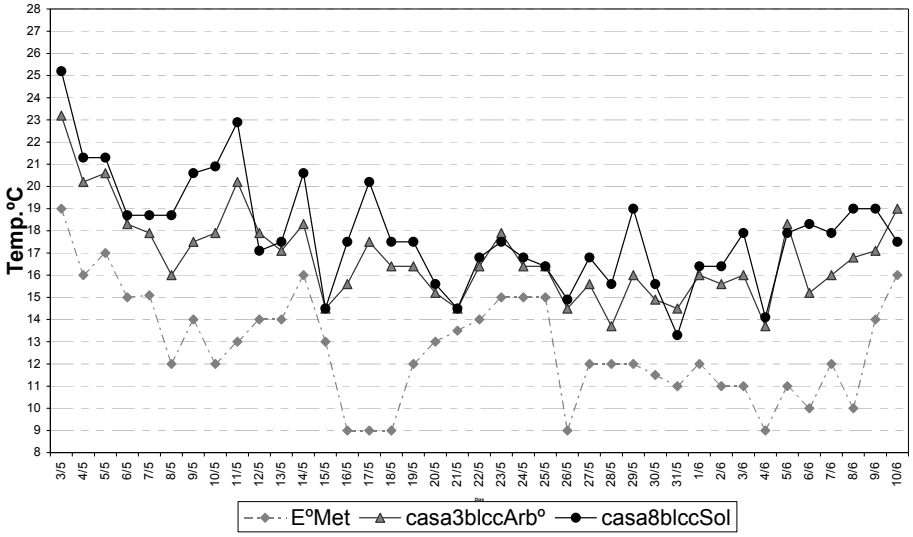

FIGURA 5 - Desempenho Térm. Bloco Cc. Celular às 13:30 hs

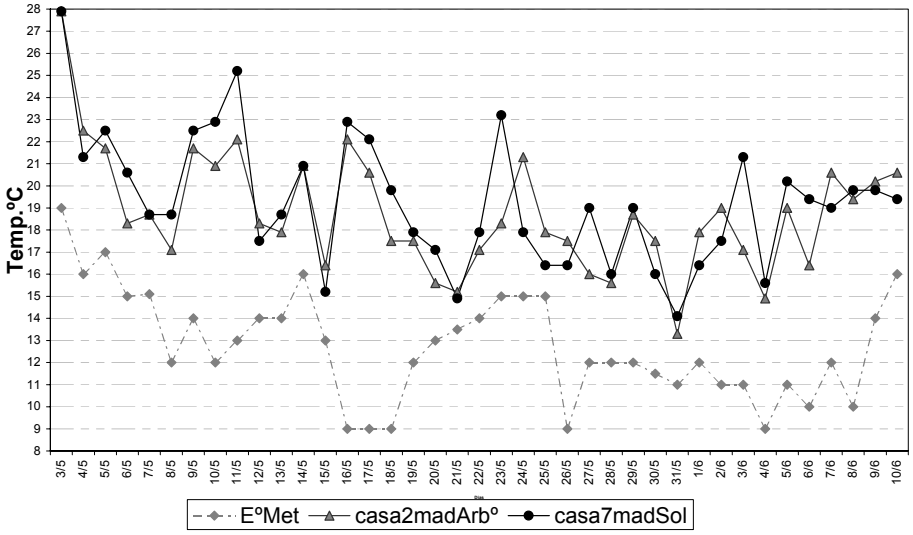

FIGURA 6 - Desempenho Térm. Madeira às 13:30 hs

Sobre a redução das amplitudes térmicas locais promovidas pela vegetação, LUGO (1991) afirma o duplo efeito da floresta sobre a umidade relativa do ar, sendo o primeiro a interceptação e volatilização de parte da água da chuva e o segundo o processo de transpiração das folhas que lança, em uma dada escala espacial, mais vapor d'água na atmosfera, resfriando o ar.

Assim, é esperado que se encontrem maiores valores de umidade do ar em ambientes arborizados do que em áreas descobertas. A estes efeitos se agrega ainda a citada função de barreira aos ventos.

Já na plotagem dos dados sobre Cartas Psicrométricas de Givoni, com o uso do citado software Analysis Bio 2.1.2, também confirmou-se hipóteses quanto ao conforto térmico atribuído a Curitiba em relação à porcentagem média de horas de conforto, e mais significativamente, às temperaturas registradas no decorrer do período geraram no respectivo Relatório da Carta amplitudes menores nas unidades em ruas arborizadas do que nas não vegetadas (figuras 7 e 8, tabelas 3 e 4).

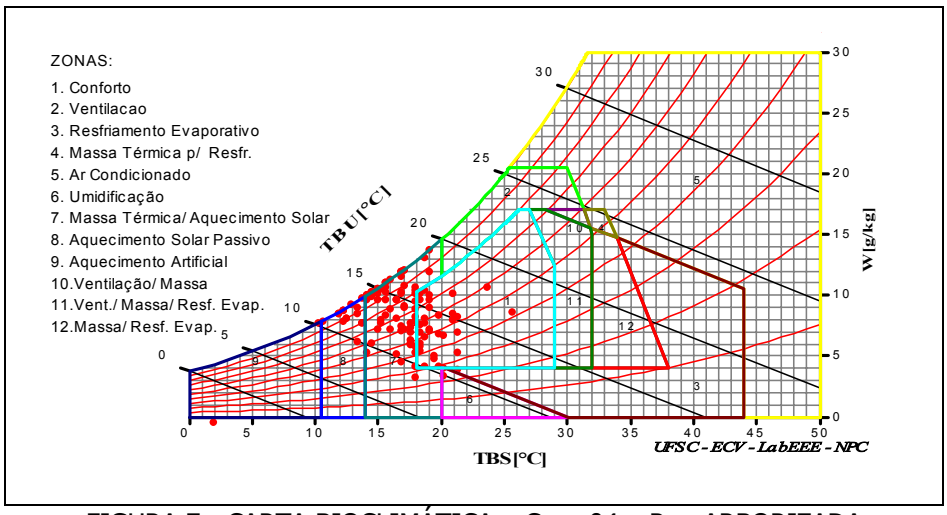

FIGURA 7 - CARTA BIOCLIMÁTICA – Casa 04 – Rua ARBORIZADA

Tabela 3 - RELATÓRIO GERAL– Casa 04 – Rua ARBORIZADA

Conforto:27.4% Desconforto:72.6% Frio:70.1% Calor:2.56%	Amplitudes Max: 17.9 **Med: 8.54** Min: 6.5

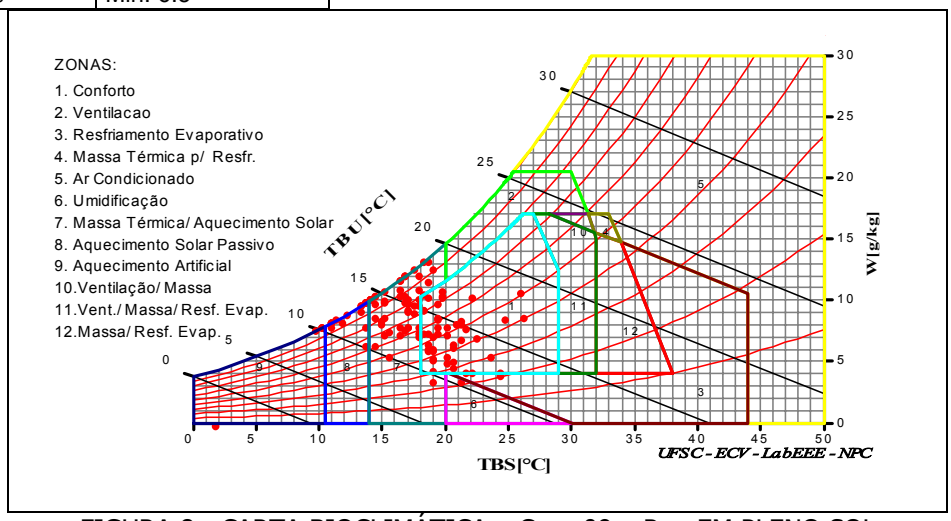

FIGURA 8 - CARTA BIOCLIMÁTICA – Casa 09 – Rua EM PLENO SOL

Tabela 4 -RELATÓRIO GERAL – Casa 09 – Rua EM PLENO SOL

Conforto:38.5% Desconforto:61.5%- Frio:59.8% Calor:1.71%	Amplitudes Max: 18.8 **Med: 10.7** Min: 8.8

Outros resultados já observados na análise demonstraram linha de lógica semelhante a estas aqui esboçadas, alguns apresentando resultados mais significativos, outros menos, mas já visualizando fortalecer, entre outras propostas: sugerir recomendações e diretrizes na intensificação do uso de sistemas de construção adequados e assimiláveis pela cultura popular do local ou economicamente viáveis, e distinguir condições representativas das particularidades do clima local para emprego de estratégias específicas. E buscar mais evidências de que as habitações, além dos diferentes materiais, sofrem influência da vegetação e atestando sobre a importância da arborização urbana e áreas verdes no planejamento e projeto de novos meios edificados e seus arredores.

REFERÊNCIAS

DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Aspectos climáticos de Curitiba, PR.** RA'E GA nº 3, UFPR, 1999.

FERREIRA, A.B.H. **Dicionário Aurélio Básico.** SP, Ed. Nova Fronteira, 1988.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada**: clima, medio ambiente y planificación.

Madrid: Editorial síntesis S. A. 1985.

GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines.** Energy and Buildings, v. 18, 1992. p.11-23.

KRÜGER, E.L. **Avaliação Integrada da Vila Tecnológica de Curitiba**. Tuiuti: Ciência e Cultura, nº 25, FACET, 2001.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

MASCARO, L.R. **Ambiência Urbana**. Rio Grande do Sul: Ed. SAGRA-DC-Luzatto, 1996.

MEIER, A. K. **Energia e Edifícios**, Ed. Elsevier B.V., Am., Hol. - Vol. 15, 1991.

MENDONÇA, F. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**. SP: USP, 1995.

MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. SP, Ed. Contexto, 2003.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**, Série Teses e Monografias, 1976.

NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano:** um estudo de ecologia e planejamento da paisagem apl. Distr. Stª Cecília (MSP) SP: Humanitas FFLCH/USP, 2001.

RAMON, F. **Roupa, sudor y arquitectura**, Madri, Ed. Blume, 1980.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para o Século XXI**, Ed. Nobel, 1993.

THOM, E.C. **The discomfort index**. Weatherwise (V). 1959. 2:57-60.